

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 60-064484

(43)Date of publication of application : 13.04.1985

(51)Int.Cl.

H01L 43/08
C22C 19/03
H01F 10/16
H01L 43/10
// G11B 5/39

(21)Application number : 58-171232

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 19.09.1983

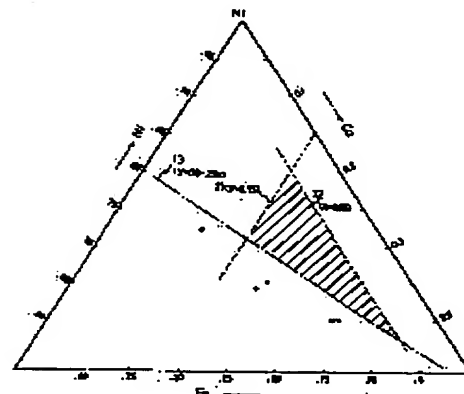
(72)Inventor : NARUSHIGE SHINJI
KUMAGAI AKIRA
MITSUOKA KATSUYA

(54) FERROMAGNETIC MAGNETORESISTANCE EFFECT ALLOY FILM

(57)Abstract:

PURPOSE: To contrive increase of the ferromagnetic magnetoresistance effect, decrease of the saturation magnetic flux density and upgrade of the uniaxial magnetic anisotropy by a method wherein the composition of an Ni-Fe-Co system alloy is chosen in a limited extent.

CONSTITUTION: The weight composition of a ferromagnetic magnetoresistance effect alloy film consisting of an Ni-Fe-Co ternary alloy is chosen in the extent indicated by oblique lines in the diagram. The alloy film, whose composition has been chosen in the extent, has characteristics of having a larger ferromagnetic magnetoresistance effect, showing a uniaxial anisotropy and having a larger saturation magnetic flux density, in a thin film strip form. This alloy film is suitable to utilize for magnetic sensors, magnetoresistance effect type thin film magnetic heads, magnetic valve detecting elements, etc.



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭60-64484

⑬ Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	⑭ 公開 昭和60年(1985)4月13日
H 01 L 43/08		6370-5F	
C 22 C 19/03		7821-4K	
H 01 F 10/16		7354-5E	
H 01 L 43/10		6370-5F	
// G 11 B 5/39		7426-5D	審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑮ 発明の名称 強磁性磁気抵抗効果合金膜

⑯ 特 願 昭58-171232

⑰ 出 願 昭58(1983)9月19日

⑱ 発 明 者 成 重 真 治 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

⑲ 発 明 者 熊 谷 昭 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

⑳ 発 明 者 光 岡 勝 也 日立市幸町3丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 平木 道人

明 細 書

特許請求の範囲第1項または第2項記載の強磁性磁気抵抗効果合金膜。

1. 発明の名称

強磁性磁気抵抗効果合金膜

2. 特許請求の範囲

(1) Ni-Fe-Co三元合金からなる強磁性磁気抵抗効果合金膜において、その重量組成を $Ni_{1-x-y}-Fe_x-Co_y$ と表わしたとき、

x が $0.05 \leq x$ で、かつ

y が $0.15 \leq y \leq 0.5 - 2.5x$

の2条件を満足する組成範囲であることを特徴とする強磁性磁気抵抗効果合金膜。

(2) 前記強磁性磁気抵抗効果合金膜は、その形状が、その幅に比べて長さが十分に長い薄膜ストリップ状であることを特徴とする前記特許請求の範囲第1項記載の強磁性磁気抵抗効果合金膜。

(3) 膜厚が $20 \sim 400 \text{ nm}$ であることを特徴とする

3. 発明の詳細な説明

(利用分野)

本発明は強磁性磁気抵抗効果合金膜に関するものであり、特に、磁気センサ素子、磁気ヘッド素子および磁気バブル検出素子等のように薄膜ストリップ形状で実用に供される強磁性磁気抵抗効果合金膜に係る。さらに具体的にいえば、本発明は、薄膜ストリップ形状において高い磁界感度を有する強磁性磁気抵抗効果合金膜に関する。

(背景)

近年、強磁性磁気抵抗効果合金膜を用いて、被検体の回転角および回転速度などを検出する磁気センサや磁気抵抗効果膜薄膜磁気ヘッド、および前記強磁性磁気抵抗効果合金膜を用いた磁気バブ

ル検出素子などの開発が急速に進展している。

第1図に、回転角および回転速度を検出する磁気センサの概略構造を示す。

被検体である回転体(図示せず)の回転軸、すなわち、シャフト21には、磁気記録媒体20をその周面に有する検出部22が固定してある。磁気記録媒体20は、本図では図示を省略している磁気ヘッドにより、所定の記録長さで円周方向に増磁25されている。

一方、前記磁気記録媒体20の面に隣接するように、基板30が配置され、その上の前記磁気記録媒体20に対向する面上には、ストリップ状の強磁性磁気抵抗効果合金膜1が蒸着、スパッタリングなどの手法によつて形成される。

このように、基板30上に形成された強磁性磁気抵抗効果合金膜1は、磁気記録媒体20の増磁されたパターンによる磁界を受けるので、前記シャフト21の回転にともなつて電気抵抗が変化する。

から発生される磁界2と同じ方向に増磁40されてあり、強磁性磁気抵抗効果合金膜1にバイアス磁界を印加する働きをする。

前述したような、強磁性磁気抵抗効果を利用した素子の強磁性磁気抵抗効果合金膜としては、82重量%Ni-18重量%Fe合金であるパーマロイが、従来から広範に用いられている。

また、前記のような磁気センサ、磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドおよび磁気バブル検出素子等においては、膜厚が25~400nmで、幅が20~30μm程度の、ストリップ状強磁性磁気抵抗効果膜が用いられるのが一般的である。

そして、膜厚が30~40nmのパーマロイ膜の強磁性磁気抵抗効果 $\Delta R/R$ は約2.5%であり、膜厚が300~400nmのパーマロイ膜の $\Delta R/R$ は約3.5%である。

「IEEE Transactions on Magnetics」(MAG-11, 巻4, 1975年7月号第1018~1038頁)には、パー

マロイ膜より、周知の演算を施すことにより、回転体の回転角と回転速度を検出することができる。

第2図は、磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの一例を示す概略斜視図である。

基板30の上にバイアス磁界印加用の永久磁石膜31が形成され、その上面に、非磁性絶縁膜32を介して、ストリップ状の強磁性磁気抵抗効果合金膜1が形成される。強磁性磁気抵抗効果合金膜1の両端部にはリード線33が接続されている。

第2図では図示を省略している記録媒体から発生する磁界2の影響により、強磁性磁気抵抗効果合金膜1の電気抵抗が変化する。それ故に、前記合金膜1に流れる電流またはリード線33, 33間の電位差に基づいて情報の発生を行うことができる。

なお、この場合、永久磁石膜31は、記録媒体

マロイ膜よりも強磁性磁気抵抗効果の大きい合金材料として、92%Ni-8%Fe, (70~90)%Ni-(30~10)%Co, 67%Ni-30%Co-3%Crがあることが記載されている。

「Thin Solid Films」(48巻, 1978年, 第247-255頁)には、三元合金である72重量%Ni-18重量%Fe-10重量%Co, 64重量%Ni-17重量%Fe-19重量%Coおよび60重量%Ni-11重量%Fe-29重量%Coが開示されており、これらはパーマロイ膜より強磁性磁気抵抗効果が大きいことが記載されている。

更に、「IEEE Transactions on Magnetics」(MAG-19, 巻2, 1983年3月号第104~110頁)にも、65%Ni-15%Fe-20%Coおよび60%Ni-10%Fe-30%Coが開示されており、これらの三元合金もパーマロイ膜より強磁性磁気抵抗効果が大きいことが記載されている。

パーマロイ膜よりも強磁性磁気抵抗効果の大きい

い、これら公知の磁性合金膜の、Ni-Fe-Co系三成分図における位置は、第5図に、○印で示されている。しかし、これらの磁性三元合金膜には以下のような欠点がある。

一般に、磁気センサ素子および磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド素子の磁気抵抗効果合金膜は、第1図および第2図ならびにその説明から容易に理解されるように、薄膜ストリップ形状で使用される。その際、磁界2は第2図中にも示したように、薄膜面内で、その幅方向に一すなわち、長さ方向に直角に印加される。

第3図は、この状態を模式的に示す斜視図である。この場合の、各寸法は、典型的には膜厚 d が20～50nm、幅 W が5～40 μ m、長さ L が100～3000 μ mである。すなわち、この磁気抵抗効果型合金薄膜においては、長さ L はその幅 W に比べて十分に大きく、かつ幅 W は膜厚 d に比べて十分に大きい。

H が変化しても、その抵抗値 R が変化しなかった)と見なせる磁界である。

磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果合金膜は、長さ L の方向に対して、約45度の角度をなす方向にバイス磁界を印加して使用されるのが普通である。そして、この場合、磁気抵抗効果合金膜単体の磁界感度としては、前述の見掛けの異方性磁界 $H'k$ で磁性膜の特性を評価することが一般的である。

磁気バブル検出素子に於ても、「IEEE Transactions on Magnetism」(MAG-19, 巻2, March 1983 第104～110頁に記載されているように、見掛けの異方性磁界 $H'k$ で、その特性を評価する。

第3図の形状での磁気抵抗効果合金膜の見掛けの異方性磁界 $H'k$ は、次の(1)式で与えられる。

$$H'k = a Hk + \frac{bd}{W} B_s \quad \dots \dots (1)$$

ところで第1図ないし第3図に示される磁気抵抗効果合金膜に於ては、強磁性磁気抵抗効果が大きいだけでなく、下記の2点が必要である。

第一は磁界感度が良いこと一すなわち、印加される磁界2が小さくても十分な強磁性磁気抵抗効果を示すことが必要である。

また、その第二は、磁界2に対するヒステリシス現象が少ないこと一すなわち、長さ L の方向が磁化容易軸となる一軸磁気異方性の磁性膜であることが必要である。

第一の磁界感度について、さらに説明する。磁界感度を表わすパラメータとしては、一般に、見掛けの異方性磁界 $H'k$ を用いるのが良いとされている。

見掛けの異方性磁界 $H'k$ とは、第3図に示す薄膜ストリップ形状の磁気抵抗効果合金膜1に、その幅方向に磁界2を印加したとき、第4図に示す如く、磁気抵抗効果が急激に飽和した(印加磁界

(1)式において、 Hk は真の異方性磁界、 B_s は飽和磁束密度、 a と b は磁性膜の特性には関係しない定数である。それ故に前記(1)式の中で磁性膜自体に調べるものは真の異方性磁界 Hk と飽和磁束密度 B_s である。

ところで、磁界感度の良い磁性膜とは、見掛けの異方性磁界 $H'k$ が小さいことである。このことは、前記(1)式を参照すれば明らかのように、真の異方性磁界 Hk が小さく、かつ飽和磁束密度 B_s が小さいことを意味する。

前記の各刊行物に開示された公知材料であるNi-Fe-Co合金膜は、いずれも飽和磁束密度 B_s が大きく、従って、見掛けの異方性磁界 $H'k$ が大きいという欠点がある。

更け、92%Ni-8%Fe、(70～90)%Ni-(30～10)%Coおよび67%Ni-30%Co-3%Cr等は一軸磁気異方性の膜を得ることが困難であるという欠点がある。

(発明の目的)

本発明は前述の欠点を除去するためになされたものであり、その目的は、82重量% Ni-18重量% Fe合金であるパーマロイ膜や公知のNi-Fe-Co三元合金膜に比べて、薄膜ストリップ形状において、強磁性磁気抵抗効果が大きく、飽和磁束密度 B_s が公知の材料よりも小さく(すなわち、見掛けの異方性磁界が小さく)、かつ、一軸磁気異方性を示す良好な強磁性磁気抵抗効果合金膜を提供することにある。

(発明の概要)

本発明は、Ni-Fe-Co三元合金膜において、その重量組成を $Ni_{1-x-y}-Fe_x-Co_y$ と表わしたとき、つぎの2つの不等式

$$0.05 \leq x$$

$$0.15 \leq y \leq 0.5 - 2.5x$$

表(本発明)に示す。

なお、これらの実験において、それぞれの試料膜に相当するNi-Fe-Co合金膜は、所定の配合組成を有する一つの蒸着源から蒸着して得たものである。蒸着用加熱源としては抵抗加熱を用いたが、電子ビーム加熱を用いても全く同じである。

また、蒸着時の真空圧力は 5×10^{-6} Torr以下が良く、さらに、バラツキが少なく、かつ強磁性磁気抵抗効果の大きい合金膜を得るには 1×10^{-6} Torr以下が望ましいことが分った。

蒸着時の基板温度は、一般には200~400℃の範囲に保持するのが普通であり、バラツキが少なく、かつ強磁性磁気抵抗効果の大きい合金膜を得るには約350℃が望ましいことが分った。

この場合の基板としては、十分に平坦な面を有するガラス、セラミックス等を用いることができる。蒸着速度は1~3 nm/Sの範囲であれば良く、蒸着速度は強磁性磁気抵抗効果に大きな影響

を、前記 x, y が満足するような組成範囲とすることにより、パーマロイ膜よりも強磁性磁気抵抗効果が大きく、飽和磁束密度が公知のNi-Fe-Co三元合金膜よりも小さく、かつ一軸磁気異方性を示す、良好な薄膜ストリップ状の強磁性磁気抵抗効果合金膜を実現できるようにした点に特徴がある。

(発明の実施例)

本発明者らは、前述のように優れた特性を有する薄膜ストリップ状の強磁性磁気抵抗効果合金膜を得るための、Ni-Fe-Co三元合金の組成範囲を確定するために、種々の組成を有する前記三元合金膜を実験的に作成した。

そして、これらについて、それぞれ、強磁性磁気抵抗効果 $4R/R(\%)$ 、飽和磁束密度 T (パーマロイを1とした場合の相対値)、および一軸磁気異方性を量するか否かを測定した。その結果を第1

を表に示す。

一軸磁気異方性を付与する方法としては、一定方向の直流または交流磁界中で蒸着する方法、蒸着粒子を基板面の法線方向から傾ける斜方蒸着法、斜方蒸着でかつ基板を回転する方法、あるいは回転磁界中で蒸着する方法等を用いることができる。最も簡単に一軸磁気異方性を付与する方法は、直流磁界中で蒸着する方法である。

膜厚は、その用途によつて異なるが、20~400 nmの範囲で変化させることは容易である。

第1表は、蒸着法で形成した膜厚45~50 nmの、種々の組成の $Ni_{1-x-y}-Fe_x-Co_y$ 三元合金について、それぞれの強磁性磁気抵抗効果、飽和磁束密度および一軸磁気異方性を測定したものである。

$Ni_{1-x-y}-Fe_x-Co_y$ 合金膜において、一般的に、Coの含有量をふやせば強磁性磁気抵抗効果が大きくなることは知られているが、第1表の実験結果

から、実質的にパーマロイ膜よりも大きな強磁性磁気抵抗効果を示すためには、Coの組成比を15重量%以上とすることが必要であることが分かる。

すなわち、前記 y は0.15以上であることが必要である。これを第5図に示すNi-Fe-Co系3成分図でいえば、図中の直線11よりもCo側の斜線領域である。

つぎに、同じく第1表から、 $Ni_{1-x-y}Fe_xCo_y$ 合金膜において、一軸磁気異方性膜を得るには、Feの組成比を5重量%以上とすることが必要であることが分かる。すなわち、 x は0.05以上であることが必要であり、これは第5図中の直線12よりもFe側の斜線領域である。

また、 $Ni_{1-x-y}Fe_xCo_y$ 合金膜において、前記公知のNi-Fe-Co合金膜よりも飽和磁束密度が小となる組成範囲は、 y が0.15以上で、かつ x が0.05以上であるという2条件を満たす組成範囲において、 y が(0.5-2.5%)以下の範囲であるこ

とが、第1表から判定される。この領域は、第5図中の直線13よりもNi側の斜線領域である。

以上を総合すれば、明らかなように、本発明の目的に適合する強磁性磁気抵抗効果特性一換言すれば、

(1)パーマロイ膜よりも強磁性磁気抵抗効果が大きく、

(2)一軸磁気異方性を示し、かつ

(3)公知のNi-Fe-Co合金膜よりも飽和磁束密度が大きい

という特性を示す $Ni_{1-x-y}Fe_xCo_y$ 合金膜の組成範囲は、第5図において、3本の直線11、12、13で囲まれた領域であらわされる。

更に、本発明者らの実験によれば、前記組成範囲に含まれる $Ni_{0.71}Fe_{0.09}Co_{0.20}$ の、膜厚350nmの試料の強磁性磁気抵抗効果は4.8%であり、同じ厚さのパーマロイの強磁性磁気抵抗効果の値3.5%よりも大きな値であることが確認さ

れた。

なお、本発明の合金膜を形成する方法としては、真空蒸着法に限定されるものではなく、スパッタリング法も有効であることは勿論である。

(発明の効果)

以上の説明から明らかな如く、本発明によつて限定された組成範囲にある強磁性磁気抵抗効果合金膜は、通常実用に供される薄膜ストリップ状の形状において、従来から同じ目的に使用されているパーマロイや公知の同種合金と比較して、強磁性磁気抵抗効果が大きく、飽和磁束密度が実質的に問題とならない程度に小さく、かつ一軸磁気異方性を有するという効果があり、磁気センサ、磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドおよび磁気パルス検出素子等に用いるのに極めて好適である。

本発明のNi-Fe-Co系合金膜は、また、その構成元素がNi、Fe、Coという蒸気圧が比較的似か

つた元素から成り、工業的に再現性良く得ることが出来るという利点も有している。

4. 図面の簡単な説明

第1図は回転角および回転速度検出用の抵抗効果型薄膜磁気センサの概略構造を示す斜視図、第2図は磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの概略構造を示す斜視図、第3図は強磁性磁気抵抗効果膜を薄膜ストリップ形状で用いる場合における電流方向と磁界印加方向を説明する斜視図、第4図は強磁性磁気抵抗効果膜に磁界が印加された時の抵抗変化と磁界との関係を示す図、第5図はNi-Fe-Co系3成分図と本発明の限定された組成範囲を説明する図である。

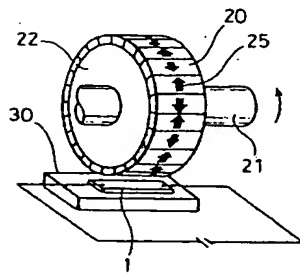
1…強磁性磁気抵抗効果合金膜、2…印加される磁界

代理人 弁護士 平 木 道 人

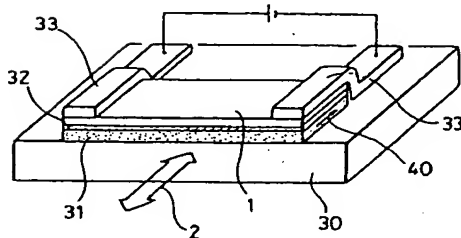
第 1 表

試 料 名	組 成			磁性温度抵抗効果		飽和磁束 密度(T)	一軸磁気 異方性	合 否
	Ni (1-xy)	Fe (z)	Co (y)	J/R (°K)	1/α (°K)			
1	0.82	0.18	0	2.8	(1-xy)大	1.00	○	—
2	0.77	0.15	0.08	2.8	×	1.15	○	否
3	0.80	0.10	0.10	2.5	×	1.00	○	否
4	0.78	0.07	0.15	3.2	○	1.00	○	合
5	0.75	0.10	0.15	3.4	○	1.08	○	合
6	0.85	0.20	0.15	2.6	×	1.26	○	否
7	0.70	0.12	0.18	3.8	○	1.17	○	合
8	0.76	0.04	0.20	4.2	○	0.92	なし	否
9	0.74	0.06	0.20	3.8	○	1.03	○	合
10	0.71	0.09	0.20	3.6	○	1.10	○	合
11	0.60	0.18	0.22	3.0	○	1.30	○	否
12	0.70	0.05	0.25	4.4	○	1.08	○	合
13	0.64	0.11	0.25	3.4	○	1.20	○	合
14	0.66	0.04	0.30	4.8	○	1.10	なし	否
15	0.63	0.07	0.30	3.9	○	1.12	○	合
16	0.62	0.08	0.30	3.8	○	1.18	○	合
17	0.60	0.10	0.30	3.4	○	1.20	○	合
18	0.58	0.14	0.30	3.2	○	1.29	○	合
19	0.55	0.06	0.39	3.2	○	1.20	○	合
20	0.56	0.04	0.40	3.7	○	1.20	なし	否

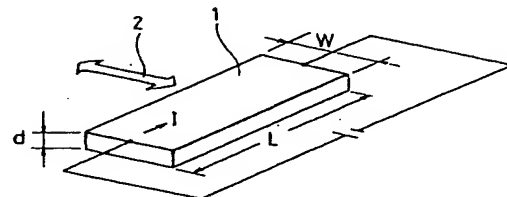
第 1 図



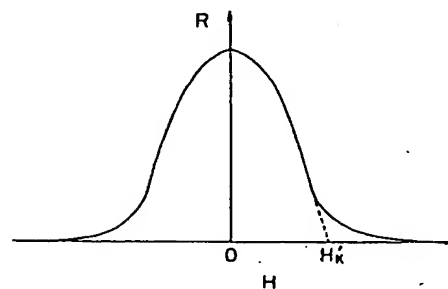
第 2 図



第 3 図



第 4 図



才 5 例

